

Docket No.: 69804-016

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of	:	Customer Number: 20277
	:	
Toshihiro KURIYAMA	:	Confirmation Number:
	:	
Serial No.:	:	Group Art Unit:
	:	
Filed: April 15, 2004	:	Examiner:
	:	
For: SOLID-STATE IMAGING DEVICE AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME	:	

**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop CPD
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicant hereby claims the priority of:

Japanese Patent Application No. JP 2003-173946, filed on June 18, 2003.

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY



Michael E. Fogarty
Registration No. 36,139

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 MEF:gav
Facsimile: (202) 756-8087
Date: April 15, 2004

69804-016
Toshihiro KURIYAMA
April 15, 2004

日 本 国 特 許 庁 *McDermott, Will & Emery*
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 6 月 1 8 日
Date of Application:

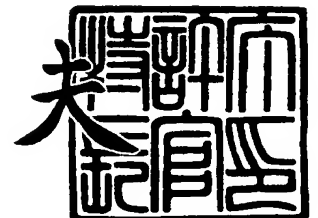
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 7 3 9 4 6
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 7 3 9 4 6]

出 願 人 松下電器産業株式会社
Applicant(s):

2 0 0 4 年 1 月 2 3 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 2 2 6 9

【書類名】 特許願

【整理番号】 2923240056

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 27/14

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 栗山 俊寛

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100098291

【弁理士】

【氏名又は名称】 小笠原 史朗

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 035367

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9405386

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 固体撮像装置およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 画素ごとに配置された各光電変換部が入射光量に応じた電荷を発生し、各光電変換部で発生した電荷を電気信号に変換し、前記電気信号を出力する固体撮像装置であって、

各前記光電変換部の上方に配置され、特定の波長の光を透過させるカラーフィルタ層と、

前記カラーフィルタ層の上部に配置され、入射した光を収束させて当該カラーフィルタ層に入射させる上部レンズと、

前記カラーフィルタ層と前記光電変換部との間に配置され、前記上部レンズで収束された光をさらに収束させて対応する光電変換部に入射させる層内レンズとを備え、

前記層内レンズは、フレネルレンズ構造を有していることを特徴とする、固体撮像装置。

【請求項 2】 前記層内レンズは、

中心が光軸上にある円状かつ曲面を持つ中央レンズと、

前記中央レンズの外側に位置し、かつ当該中央レンズの光軸から見て同心の環状かつ帯状の面を持つ 1 つまたは複数の環状レンズとを含む、請求項 1 に記載の固体撮像装置。

【請求項 3】 前記中央レンズおよび各前記環状レンズは、それぞれが異なる屈折率を有することを特徴とする、請求項 2 に記載の固体撮像装置。

【請求項 4】 前記中央レンズおよび各前記環状レンズのそれぞれの屈折率は、前記中央レンズの光軸から外側に行くにつれて大きくなることを特徴とする、請求項 3 に記載の固体撮像装置。

【請求項 5】 前記中央レンズおよび各前記環状レンズのそれぞれの屈折率は、前記中央レンズの光軸から外側に行くにつれて小さくなることを特徴とする、請求項 3 に記載の固体撮像装置。

【請求項 6】 各前記環状レンズのそれぞれの半径方向幅は、前記中央レン

ズの光軸から外側に行くにつれて小さくなることを特徴とする、請求項 2 に記載の固体撮像装置。

【請求項 7】 前記層内レンズは、SiN（窒化珪素）により構成されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の固体撮像装置。

【請求項 8】 画素ごとに配置され入射光量に応じて電荷を発生する光電変換部とカラーフィルタ層との間に層内レンズが設けられた固体撮像装置を製造する方法であって、

前記光電変換部の上層に絶縁膜を形成する絶縁膜形成ステップと、

前記光電変換部の直上であって前記絶縁膜の上部にレンズを形成するレンズ形成ステップと、

前記絶縁膜および前記レンズを覆うようにレジスト層を形成するレジスト形成ステップと、

前記レンズの上方に、当該レンズの光軸上に中心を持つ円を底面とし、かつ当該レンズの直径よりも小さい直径を有する円筒形状のホールを前記レジスト層に形成するホール形成ステップと、

前記レンズ中心部の表面形状を維持させるべく前記ホール内をエッチングするエッチングステップと、

前記レジスト層を除去するレジスト層除去ステップとを備える、固体撮像装置の製造方法。

【請求項 9】 画素ごとに配置され入射光量に応じて電荷を発生する光電変換部とカラーフィルタ層との間に層内レンズが設けられた固体撮像装置を製造する方法であって、

前記光電変換部の上層に絶縁膜を形成する絶縁膜形成ステップと、

前記光電変換部の直上であって前記絶縁膜の上部に、画素が並ぶ周期の 50 ～ 70 % の直径を有する中央レンズを形成する中央レンズ形成ステップと、

前記中央レンズよりも屈折率が小さい材料を用いて、当該中央レンズを覆うように表面を平坦化させる平坦化膜を形成する平坦化膜形成ステップと、

前記平坦化膜の表面上であって前記中央レンズの上方に、当該中央レンズの光軸上に中心を持つ円を底面とし、かつ当該中央レンズと直径が等しい円筒形状の

レジストを形成するレジスト形成ステップと、

前記レジスト下方の平坦化膜を残し、他の部分の平坦化膜を削除する平坦化膜削除ステップと、

前記絶縁膜および前記平坦化膜を覆うように、レンズ材料から成るレンズ膜を形成するレンズ膜形成ステップと、

前記平坦化膜が現れる深さまで前記レンズ膜をエッチングすることにより、前記中央レンズの外周に、環状レンズとなるサイドウォールを形成するサイドウォール形成ステップとを備える、固体撮像装置の製造方法。

【請求項 10】 前記平坦化膜形成ステップ、前記レジスト形成ステップ、前記平坦化膜除去ステップ、前記レンズ膜形成ステップおよび前記サイドウォール形成ステップで行われる一連の作業を、複数回繰り返すことにより、前記中央レンズの外側に複数の環状レンズを形成することを特徴とする、請求項 8 に記載の固体撮像装置の製造方法。

【請求項 11】 各前記環状レンズの屈折率がそれぞれ同一であることを特徴とする、請求項 9 に記載の固体撮像装置の製造方法。

【請求項 12】 各前記環状レンズの屈折率が少なくとも 2 種類以上であることを特徴とする、請求項 9 に記載の固体撮像装置の製造方法。

【請求項 13】 各前記環状レンズのそれぞれの半径方向幅は、前記中央レンズの光軸から外側に行くにつれて小さくなることを特徴とする、請求項 9 に記載の固体撮像装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、固体撮像装置およびその製造方法に関し、より特定的には、いわゆる CCD のように、画素ごとに配置された各光電変換部が入射光量に応じた電荷を発生し、電荷転送部が各光電変換部で発生した電荷を転送することにより、電気信号を出力する固体撮像装置およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

CCDに代表される固体撮像装置は、近年、画素数の増大化および装置の小型化の点において、著しい向上が実現されている。一般的に、固体撮像装置においては、各画素の面積に比べて、フォトダイオード部上方の遮光膜に設けられた開口部の面積は小さい。また、さらに画素サイズが小さくなると（約 $3\mu\text{m}\times 3\mu\text{m}$ 以下）、1つのフォトダイオード部が受ける絶対的な光の量が、従来に比べて顕著に減少している。そのため、1つの画素に対して照射された光を効率良く開口部に導かなければならない。

【0003】

1つの画素に対して照射される光を、有効に開口部に集めるため、従来の固体撮像装置においては、カラーフィルタの上部にマイクロレンズ（以下「上部レンズ」と称する）が設けられている。そして、最近では、さらに集光率を向上させて感度を向上させるために、カラーフィルタの上部だけでなくその下部にもマイクロレンズ（以下、「層内レンズ」と称する）を形成するようになってきた（例えば、特許文献1を参照）。なお、2枚のマイクロレンズ構成にすることで、色収差による光波長ごとの焦点ずれを低減する効果もある。

【0004】

図18は、上部レンズおよび層内レンズを有する従来の固体撮像装置の断面構造の一例を示している。図18において、遮光メタル膜110は、ゲート電極108や電荷転送部106に光が当たることを防止する。また、遮光メタル膜110は、フォトダイオード部104に光が入射されるように、フォトダイオード部104の上部に開口部を有している。上部レンズ122および層内レンズ530は、フォトダイオード部104に光を集める。これら上部レンズ122および層内レンズ530の間には、カラーフィルタ120が設けられる。

【0005】

【特許文献1】

特開2000-164837号公報（第7頁、第1図）

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、フォトダイオード部104の表面から上部レンズ122までの距離

552は、短い方が好ましい。もし、この距離552が長くなると、上部レンズ122および層内レンズ530を通った光のうち、遮光メタル膜110でさえぎられる光や、隣接する画素に進入する光が発生する問題が生じる。例えば、図18に示される固体撮像装置においては、上部レンズを通った光562、564および566のうち、遮光メタル膜110でさえぎられる光566が存在する。このため、上部レンズ122を通じて入射された光より、フォトダイオード部104が受ける光の量が少なくなる。また、遮光メタル膜110でさえぎられた光566が直接または反射等で他の画素に進入すると、混色が発生するという不具合が生じる。

【0007】

フォトダイオード部104の表面から上部レンズ122までの距離552を短くするために、カラーフィルタ120の膜厚を薄くすることも考えられるが、このような方法では分光特性の劣化を招くため、好ましくない。カラーフィルタ120は、所定の分光特性を得るために、一定以上の膜厚を確保する必要がある。そのため、上部レンズ122および層内レンズ530間の距離は、カラーフィルタ120の膜厚によって規制を受け、あまり近づけることができない。このことが、フォトダイオード部104の表面から上部レンズ122までの距離552の短縮化を阻んでいる。さらに、カラーフィルタの膜厚の規制によって上部レンズ122および層内レンズ530間の距離が長くなると、層内レンズ530の曲率を上部レンズ122の曲率よりも大きくする必要がある。もし、上部レンズ122の曲率を層内レンズ530の曲率よりも大きくすると、上部レンズ122によってあまりにも絞られすぎた光あるいは焦点を結んだ後の拡散光が層内レンズ533に入射することになり、フォトダイオード部104の表面に集光スポットを形成することが困難になる。層内レンズ530の曲率を上げるためには、層内レンズ530の厚みを増す必要がある。層内レンズ530の厚みを増すと、フォトダイオード部104の表面から上部レンズ122までの距離552は、さらに長くなる。

【0008】

それゆえに、本発明の目的は、高感度化および小型化が可能で、しかも混色を

低減できる固体撮像装置およびその製造方法を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明は、画素ごとに配置された各光電変換部が入射光量に応じた電荷を発生し、各光電変換部で発生した電荷を電気信号に変換し、電気信号を出力するような固体撮像装置（代表的には、CCD）に向けられており、カラーフィルタ層と、上部レンズと、層内レンズとを備えている。カラーフィルタは、各光電変換部の上方に配置され、特定の波長の光を透過させる。上部レンズは、カラーフィルタ層の上部に配置され、入射した光を収束させてカラーフィルタ層に入射させる。層内レンズは、カラーフィルタ層と光電変換部との間に配置され、上部レンズで収束された光をさらに収束させて対応する光電変換部に入射させる。ここで、本発明の最大の特徴は、層内レンズがフレネルレンズ構造を有していることである。このようなレンズ構造を採用することにより、層内レンズの曲率を大きくしても、その厚さを薄くでき、光電変換部の表面から上部レンズまでの距離を短くできる。その結果、隣接画素にもれ込もうとする光が低減し、混色を防止できる。すなわち、色むらやフリッカの低減が可能な固体撮像装置を実現できる。さらに、上部レンズに斜めから入射する光も効率よく光電変換部に集められるため、カメラレンズの絞りが大きくても画像が鮮明となる。

【0010】

フレネルレンズ構造を有する層内レンズは、典型的には、中央レンズと、その外側に配置された1つまたは複数の環状レンズとを含む。中央レンズは、中心が光軸上にある円状かつ曲面を持つレンズである。各環状レンズは、中央レンズの外側に位置し、かつ中央レンズの光軸から見て同心の環状かつ帯状の面を持つレンズである。中央レンズおよび各環状レンズは、材料の選び方により、それぞれに異なる屈折率を持たせることも可能である。たとえば、中央レンズの光軸から外側に行くにつれて各レンズの屈折率を大きくするようにしても良いし、逆に小さくするようにしても良い。このように、各レンズの屈折率を異ならせることにより、必要に応じて、様々な光学的特性を層内レンズに持たせることが可能となる。また、各環状レンズのそれぞれの半径方向幅は、中央レンズの光軸から外側

に行くにつれて小さくなるようにしても良い。これにより層内レンズの高さを最小限に抑える設計が可能となる。なお、層内レンズは、一例として、SiN（窒化珪素）により構成される。

【0011】

本発明は、上記のような構成を有する固体撮像装置の製造方法にも向けられている。第1の製造方法では、まず、光電変換部の上層に絶縁膜を形成する。次に、光電変換部の直上であって絶縁膜の上部にレンズを形成する。次に、絶縁膜およびレンズを覆うようにレジスト層を形成する。次に、レンズの上方に、レンズの光軸上に中心を持つ円を底面とし、かつレンズの直径よりも小さい直径を有する円筒形状のホールをレジスト層に形成する。次に、レンズ中心部の表面形状を維持させるべくホール内をエッチングし、最後にレジスト層を除去する。

【0012】

第2の製造方法では、まず、光電変換部の上層に絶縁膜を形成する。次に、光電変換部の直上であって絶縁膜の上部に、画素が並ぶ周期の50～70%の直径を有する中央レンズを形成する。次に、中央レンズよりも屈折率が小さい材料を用いて、中央レンズを覆うように表面を平坦化させる平坦化膜を形成する。次に、平坦化膜の表面上であって中央レンズの上方に、中央レンズの光軸上に中心を持つ円を底面とし、かつ中央レンズと直径が等しい円筒形状のレジストを形成する。次に、レジスト下方の平坦化膜を残し、他の部分の平坦化膜を削除する。次に、絶縁膜および平坦化膜を覆うように、レンズ材料から成るレンズ膜を形成する。最後に、平坦化膜が現れる深さまでレンズ膜をエッチングすることにより、中央レンズの外周に、環状レンズとなるサイドウォールを形成する。

【0013】

なお、サイドウォールを形成するための一連の作業を、複数回繰り返すことにより、中央レンズの外側に複数の環状レンズを形成するようにしても良い。この場合、各環状レンズの屈折率がそれぞれ同一になるよう各サイドウォールを形成しても良いし、各環状レンズの屈折率が少なくとも2種類以上存在するよう各サイドウォールを形成しても良い。また、各環状レンズのそれぞれの半径方向幅が中央レンズの光軸から外側に行くにつれて小さくなるように各サイドウォールを

形成しても良い。

【0014】

【発明の実施の形態】

(第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態に係る固体撮像装置の模式的な平面図である。図1では、電荷転送に関わる構成が特に示されている。図1において、単位画素12は、固体撮像装置を構成する画素のうち、1つの画素が占める領域を示す。光電変換部としてのフォトダイオード部104は、受けた光の強度に応じて電荷を発生させる。垂直CCD16は、複数の画素から、フォトダイオード部104で発生した電荷を受けとり、これを転送する。水平CCD18は、各垂直CCD16から電荷を受けとり、これを出力アンプ20に転送する。信号14は、信号電荷の流れを示す。

【0015】

図2は、第1の実施形態に係る固体撮像装置の模式的な断面図である。図2の断面は、図1に示される固体撮像装置10を点線22に沿って切断した場合の断面である。隣接する画素についても同様であるため、図示および説明を省略する。以下、図2を用いて、第1の実施形態について説明する。なお、本実施形態では、インターラインCCD固体撮像装置について説明するが、他の種類の固体撮像装置、例えばMOS型の固体撮像装置等であってもよい。

【0016】

図2に示されるように、本発明に係る固体撮像装置100において、Si（シリコン）基板102は、固体撮像装置を形成するための基板である。フォトダイオード部104は、Si基板102に形成され、受けた光の強度に応じて電荷を発生させる。電荷転送部106は、Si基板102に形成され、フォトダイオード部104が発生させた電流を搬送する。ゲート電極108は、Si基板102上において各フォトダイオード部104に隣接して配置され、フォトダイオード部104で発生した電荷を電荷転送部106に移動させるためのスイッチの役割を果たす。遮光メタル膜110（フォトシールド）は、ゲート電極108の全体を覆うように形成され、さらに、フォトダイオード部104の一部を覆うように

形成される。遮光メタル膜 110 は、ゲート電極 108 に光が当たることを防止する。

【0017】

MOS ゲート絶縁膜 112 は、ゲート電極 108 と Si 基板 102 との間に形成され、両者を絶縁する。層間絶縁膜 114 は、ゲート電極 108 と遮光メタル膜 110 とを絶縁する。絶縁膜 116 は、上述した構造を形成した Si 基板 102 およびさらにその上全面に堆積される。

【0018】

上部レンズ 122 並びに中央レンズ 132 および環状レンズ 134 は、その組み合わせにより、平行入射光をフォトダイオード部 104 の表面付近に集光する。中央レンズ 132 および環状レンズ 134 は、組み合わせられてフレネルレンズ構造を有する層内レンズを形成する。中央レンズ 132 は、放物面や球面に近いレンズである。環状レンズ 134 は、例えば、放物面や球面の一部を、環状かつ帯状に抽出した面を有する。

【0019】

周知のごとく、フレネルレンズ構造は、球面レンズや非球面レンズの表面の形状を維持したままレンズ内部の領域を減らし、光軸を中心とした同心円状の帯状の部分に切り分け、中心部と周辺部とで厚さがほぼ同じになるよう、ほぼ平坦に作られた構造を有する。これにより、レンズ内部において光が進む距離が短くなるため、収差が減るなどの利点がある。また、帯状の各レンズ部分毎に、曲率を異なせたり、屈折率を異ならせてもよい。一般に、各レンズ部分の焦点は一致する。

【0020】

但し、厳密に球面形状を有するレンズの形成は困難であり、層内レンズの表面は、放物面である場合が多い。通常、層内レンズの光軸は、フォトダイオード部の開口の中心を通る。但し、固体撮像装置の周辺部におけるぼけを防止する目的で、層内レンズの光軸を、意図的にフォトダイオード部の開口の中心からずらす場合もある。

【0021】

中央レンズ 132 および環状レンズ 134 は、プラズマ CVD により形成された窒化シリコンの膜 (P-SiN: プラズマ窒化シリコン) 等を材料として形成される。平坦化膜 118 は、中央レンズ 132 および環状レンズ 134 を覆うように形成される。カラーフィルタ 120 は、平坦化膜 118 の上面に形成され、特定の波長の光 (赤、緑、青など) を透過させる。

【0022】

図 3～図 8 は、図 2 に示す固体撮像装置を製造する過程における、各段階での模式断面図を示す。以下、図 2 および図 3～図 8 を用いて、第 1 の実施形態に係る固体撮像装置の製造方法を説明する。

【0023】

図 3 は、Si 基板に形成された、固体撮像装置の電荷転送に関わる部分を示す図である。まず、Si 基板 102 に、イオン注入等の方法を用い、所望の不純物拡散層を形成する。イオン注入とは、イオンを高エネルギーで加速し、加速したイオンを基板に衝突させ、半導体基板に p 型あるいは n 型などの性質を持たせるものである。これにより、フォトダイオード部 104 および電荷転送部 106 が形成される。

【0024】

次に、熱酸化や CVD 法により、MOS ゲート絶縁膜 112 を堆積させる。MOS ゲート絶縁膜 112 は、例えば、ONO (SiO₂-SiN-SiO₂) 構造を有する。

【0025】

次に、ゲート電極 108 を CVD 法 (chemical vapor deposition) により堆積させる。次に、フォトリソグラフィおよびドライエッチングプロセス等により、必要なパターン (図示せず) を形成する。次に、電極絶縁膜 (図示せず) を酸化/CVD 等により堆積させる。次に、図には示していないが、第 2 のゲート電極の堆積、加工を行う。なお、3 層以上の電極構造の場合は、この工程を繰り返す。次に、これら二層に構成された電極上に、酸化/CVD により層間絶縁膜 114 を堆積させる。次に、フォトダイオード部 104 の上部を除くエリアに、遮光メタル膜 110 を堆積させる。

【0026】

図4は、固体撮像装置の電荷転送に関わる部分に、さらに絶縁膜を形成した様子を示す図である。遮光メタル膜110を堆積した後、その上部に、絶縁膜116を堆積させる。絶縁膜116は、絶縁物としての役割と、素子表面を平坦化させる役割とを持つ。絶縁膜116として、例えば、ホウ素（B）およびリン（P）が含まれた酸化シリコンであるBPSG（ボロン・フォスフォ・シリケート・ガラス）等が用いられる。

【0027】

一般に、半導体素子の製造工程には、高密度化にともなう断線などの問題を防ぐため、素子表面を平坦にする工程が含まれる。例えば、素子表面に絶縁膜であるBPSGの膜をCVD法により形成し、その後に、熱を加えて流動性を持たせる熱処理（リフロー）、または研磨液を用いて物理的に研磨するCMP（化学的機械的研磨）により平坦化する。熱処理においては、BPSGにホウ素とリンが含まれることで、酸化シリコンを用いる場合に比較して、表面はより平坦になることが知られている。

【0028】

図5は、図4に示される素子に、さらにレンズを形成した様子を示す図である。レンズ130を形成する方法として、まず、P-SiNの層をプラズマCVDで形成する。次に、フォトリソグラフィ技術を用いて、レジストを選択的に所望の大きさおよび位置に形成する。通常は各画素の開口位置の上方に、円筒状に形成される。次に、熱処理してレジストを溶解させ、レジストの表面張力を利用し、レンズ形状のレジストを形成する。次に、P-SiNおよびレジストのエッチングレートが同等となる条件の下で、レジストが全てなくなるまでドライエッチングを行う。これにより、レジストのレンズ形状が、P-SiNに転写される。すなわち、レンズ形状のレジストが存在していた部分の下方に、レンズ形状のP-SiNが形成される。エッチングガスとしては、四フッ化炭素、酸素およびアルゴンの混合ガスが用いられる。

【0029】

図6は、図5に示される素子に、所望の形状を有するレジスト140の膜を形

成した様子を示す図である。レンズ130の形成後、レンズ130を覆うようにレジスト膜を形成する。次に、レジストをエッチングし、レンズ130と同心で、かつ、レンズ130の直径よりも小さい直径の底面を有する円筒状のホールを形成する。

【0030】

一般に、層内レンズが小さすぎると、層内レンズで集光できない光の量が多くなる。逆に、層内レンズが大きすぎると、フォトダイオードの開口部分に集光できない光の量が多くなる。そのため、加工の容易性および集光のしやすさの点から、ホール底面の直径は、フォトダイオードの開口部分を覆う程度、すなわち画素のサイズ（画素が並ぶ周期）の50～70%が好ましい。

【0031】

図7は、図6に示される素子をエッチングした様子を示す図である。レンズ130のうち、レジストにより覆われていないホール下方部分をエッチングする。この際、レンズ130の表面の形状を維持したまま、深さ方向に均一にエッチングする。これにより、中央レンズ132および環状レンズ134が形成される。次に、レジスト140をエッチングして除去する。

【0032】

図8は、図7に示される素子の表面を平坦化した様子を示す図である。中央レンズ132および環状レンズ134の形成後、平坦化膜118で、中央レンズ132および環状レンズ134を覆うように、表面が平坦化される。平坦化膜118には、透明な材料であれば良く、有機材料であっても無機材料であってもよい。

【0033】

次に、図8に示される素子に、さらにカラーフィルタおよび上部レンズを形成する（図2参照）。まず、平坦化された表面上に、カラーフィルタ120を形成する。カラーフィルタ120は、有機基材を染料で染色する染色法や、色素を含んだレジストを塗布およびエッチングするカラーレジスト塗布法などにより形成される。カラーフィルタ120の形成は、所望の、各画素の配置に対応したカラーフィルタの色の配置（カラーコーディング）が形成されるまで、各色毎に順次

繰り返される。

【0034】

次に、カラーフィルタ120の上に、上部レンズ122を形成する。上部レンズ122の形成においては、一般に、熱溶融性の透明な樹脂の膜を堆積した後、矩形状にエッチングし、これに熱を加えて流動性をもたせることにより、表面張力によってレンズ形状とする方法が用いられる。また、レジスト熱リフロー転写などにより堆積形成する方法も知られている。

【0035】

本実施形態によれば、図2に示されるように、Si基板102の表面から上部レンズまでの距離を、従来の距離552から距離152まで縮めることができる。これにより、平行光162や164に加え、レンズの端からの斜め光166もフォトダイオードの開口部に集光することができる。

【0036】

(第2の実施形態)

図9は、本発明の第2の実施形態に係る固体撮像装置の模式断面図である。以下、図9を用いて、第2の実施形態について説明する。なお、本実施形態では、インターラインCCD固体撮像装置について説明したが、他の種類の固体撮像装置、例えばMOS型の固体撮像装置等であってもよい。

【0037】

図9に示されるように、Si基板102、フォトダイオード部104、電荷転送部106、ゲート電極108、遮光メタル膜110、MOSゲート絶縁膜112、層間絶縁膜114、絶縁膜116、上部レンズ122、およびカラーフィルタ120は、第1の実施形態におけるものとそれぞれ同じであり、説明を省略する。

【0038】

本実施形態において、上部レンズ122並びに中央レンズ232および環状レンズ236は、入射する光をフォトダイオード部104に集光する。中央レンズ232および環状レンズ236は、組み合わせられてフレネルレンズ構造を有する層内レンズを形成する。中央レンズ232および環状レンズ236は、屈折率が

互いに異なる。中央レンズ 232 および環状レンズ 236 は、P-SiN 等を材料として形成される。

【0039】

具体的な製造方法は後述するが、本実施形態に係る固体撮像装置では、中央レンズ 232 および環状レンズ 236 を、互いに異なる材料で形成している。そのため、中央レンズ 232 および環状レンズ 236 の屈折率を、互いに異ならせることができる。これにより、例えば、中心部付近のレンズの焦点距離と環状レンズの焦点距離とを変えることができ、単一の材料により層内レンズを形成する場合に比べ、集光率が改善された非球面レンズの作成が可能となる。

【0040】

図 10 は、中心に位置する中央レンズ 232 と、その周囲に沿って存在する環状レンズ 236 と、さらにその周囲に沿って存在する環状レンズ 240 とが組み合わされて形成された、フレネルレンズ構造を有する層内レンズを示す図である。図 9 に示されるように、層内レンズを多重のレンズ構成とし、さらに、各レンズ部に所望の屈折率を持たせることにより、層内レンズ全体として、任意の理想レンズへ近づけることが可能となる。

【0041】

図 11～図 15 は、図 9 に示す固体撮像装置を製造する過程における各段階の模式的な断面構造を示している。以下、図 9 および図 11～図 15 を用いて、第 2 の実施形態に係る固体撮像装置の製造方法を説明する。Si 基板 102 に絶縁膜 116 を形成するまでの処理は、第 1 の実施形態に係る固体撮像装置の製造方法と同じであり、図 3 に示される素子が得られるため、説明を省略する。

【0042】

図 11 は、図 4 に示される素子に中央レンズおよび平坦化膜を形成した様子を示す図である。中央レンズ 232 の直径は、第 1 の実施形態と同様に、画素サイズ（画素が並ぶ周期）の 50～70% 程度が好ましい。平坦化膜 233 は、中央レンズ 232 を覆うように形成される。平坦化膜 233 を形成する材料の屈折率は、中央レンズ 232 がレンズとしての機能を果たすように、中央レンズ 232 を形成する材料の屈折率より小さい。

【0043】

図12は、図11に示される素子に、レジストパターンを形成した様子を示す図である。レジストパターン244は、中央レンズ232の上方を覆う円筒状に形成される。図13は、図12に示される素子をエッチングした様子を示す図である。中央レンズ232の上方の平坦化膜234のみが残され、その他の領域の平坦化膜は、除去される。残された平坦化膜234は、中央レンズ232が、後のエッチングなどの処理により影響を受けないようにするために形成される。

【0044】

図14は、図13に示される素子に、環状レンズ236を形成するレンズ材料246の膜を形成した様子を示す図である。中央レンズ232と環状レンズ236とで、形成する材料を異ならせることにより、屈折率を異ならせることができる。屈折率の異なる材料としてSiONを用いれば、OおよびNの比率を変化させることにより、屈折率を1.75～2.3付近で変化させることができることが知られている。レンズの作成方法は、第1の実施形態に係る方法と同様であるため、説明を省略する。但し、SiONのように酸素を含む材料で膜を形成する場合、エッチングガス中の酸素の割合を減らす調整が一般に必要とされる。

【0045】

図15は、図14に示される素子をエッチングして、環状レンズ236を形成し、さらに平坦化膜218を形成した様子を示す図である。エッチングにより、中央レンズ232の周囲に環状レンズ236となるサイドウォールが形成される。平坦化膜218は、中央レンズ232および環状レンズ236を覆うように形成される。

【0046】

図15に示される素子に、平坦化膜218、カラーフィルタ120、および上部レンズ122を形成する方法は、第1の実施形態に係る固体撮像装置100におけるものと同じであるため、説明を省略する。

【0047】

図10に示される固体撮像装置は、図9に示される素子におけるサイドウォールの形成と同様に、さらにその外側に環状レンズを作成したものである。また、

平坦化膜 238 の形成は、平坦化膜 234 の形成と同様に行う。その際、環状レンズ 240 となるサイドウォールごとに材料を任意に選択できるため、屈折率を任意の値とした最適レンズ設計が可能となる。たとえば、中央レンズの光軸から外側に行くにつれて各環状レンズの屈折率を大きくするようにしても良いし、逆に小さくするようにしても良い。このように、各レンズの屈折率を異ならせることにより、必要に応じて、様々な光学的特性を層内レンズに持たせることが可能となる。

【0048】

(第3の実施形態)

第1および第2の実施形態では、インターラインCCD型固体撮像装置について説明した。しかし、本発明に係る固体撮像装置は、他のCCD固体撮像装置またはMOS型撮像装置であってもよい。図16および図17は、固体撮像装置にFDA (Floating Diffusion Amp) 型MOS撮像装置を採用した場合の模式的断面図である。なお、他のMOS型固体撮像装置であっても同様である。

【0049】

特に、MOS型撮像装置の場合、配線が多層構造になるのが一般的である。そのため、外部からの光を効率的にフォトダイオード部に集光するためには、レンズを多層にすることが好ましい。ここで、層内レンズをフレネルレンズ構造とすれば、図16および図17に示すように層内レンズ高さを配線の厚さよりも低くすることができる。そのため、多層配線に影響されず、配線の層間(図16)あるいは、配線と同位置(図17)に配置することができるため配線の総数以上の多段の層内レンズをも形成可能となる。

【0050】

図16において、Si基板102、フォトダイオード部104、カラーフィルタ120、および上部レンズ122は、第1の実施形態に係るものと同じであり、また、ゲート電極308は、第1の実施形態に係るゲート電極108と同じ役割であるため、説明を省略する。電荷電圧変換部306は、フォトダイオード部104で発生した電荷をゲート電極308で転送して電圧に変換する役割を果たす。

【0051】

MOS型固体撮像装置においては、アルミ配線342は、多層にわたって形成される。プラグ340は、アルミ配線342とアルミ配線342との間、ゲート電極308とアルミ配線342との間、または電荷電圧変換部306とアルミ配線342との間を電氣的に接続する。絶縁膜350は、フォトダイオード部104、電荷電圧変換部306、ゲート電極308、およびアルミ配線342が、互いに電氣的な絶縁関係を保つために形成される。

【0052】

中央レンズ332aと環状レンズ336aと、および中央レンズ332bと環状レンズ336bとは、それぞれフレネルレンズ構造を有する層内レンズを形成する。各層内レンズは、平坦化膜334a、334b、および352により覆われている。

【0053】

図17において、Si基板102、フォトダイオード部104、カラーフィルタ120、および上部レンズ122は、第1の実施形態に係るものと同じであり、また、ゲート電極408は、第1の実施形態に係るゲート電極108と同じ役割であり、電荷電圧変換部406は、第3の実施形態の電荷電圧変換部306と同じ役割であるため、説明を省略する。

【0054】

MOS型固体撮像装置においては、アルミ配線442は、多層にわたって形成される。プラグ440は、アルミ配線442とアルミ配線442との間、ゲート電極408とアルミ配線442との間、または電荷電圧変換部406とアルミ配線442との間を電氣的に接続する。絶縁膜450は、フォトダイオード部104、電荷電圧変換部406、ゲート電極408、およびアルミ配線442が、互いに電氣的な絶縁関係を保つために形成される。

【0055】

中央レンズ432aおよび環状レンズ436aの組と、中央レンズ432bおよび環状レンズ436bの組と、および中央レンズ432cおよび環状レンズ436cの組とは、それぞれフレネルレンズ構造を有する層内レンズを形成する。

各層内レンズは、平坦化膜 434a、434b、434c および 352 により覆われている。

【0056】

【発明の効果】

本発明によれば、層内レンズをフレネルレンズ構成としたので、層内レンズの曲率を大きくしても、その厚さを薄くでき、光電変換部の表面から上部レンズまでの距離を短くできる。その結果、隣接画素にもれ込もうとする光が低減し、混色を防止できる。すなわち、色むらやフリッカの低減が可能な固体撮像装置を実現できる。さらに、上部レンズに斜めから入射する光も効率よく光電変換部に集められるため、カメラレンズの絞りが大きくても画像が鮮明となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

第1の実施形態に係る固体撮像装置の断面図

【図2】

Si 基板に電荷転送に関わる部分を形成した基板の断面図

【図3】

図2に示される基板に、絶縁膜を形成した様子を示す断面図

【図4】

図3に示される基板に、層内レンズを形成した様子を示す断面図

【図5】

図4に示される基板に、レジストのホールを形成した様子を示す断面図

【図6】

図5に示される基板をエッチングした様子を示す断面図

【図7】

図6に示される基板からレジストを除去した上で、平坦化膜を形成した様子を示す断面図

【図8】

第2の実施形態に係る固体撮像装置の断面図

【図9】

第2の実施形態に係る固体撮像装置であって、サイドウォールを複数形成した様子を示す断面図

【図10】

図9に示される基板に、層内レンズを形成したうえで、平坦化膜を形成した様子を示す断面図

【図11】

図10に示される基板に、円柱状のレジストを形成した様子を示す断面図

【図12】

図11に示される基板をエッチングした上で、レジストを除去した様子を示す断面図

【図13】

図12に示される基板に、レンズ材料の膜を形成した様子を示す断面図

【図14】

図13に示される基板にレンズ材料の膜を形成した様子を示す断面図

【図15】

図14に示される基板からレンズ材料の膜を除去して環状レンズを形成し、さらに平坦化膜を形成した様子を示す断面図

【図16】

配線の層間に層内レンズを備えるMOS型固体撮像装置の断面図

【図17】

配線と同位置に層内レンズを備えるMOS型固体撮像装置の断面図

【図18】

従来の固体撮像装置の断面図

【符号の説明】

10、100…固体撮像装置

12…単位画素

14…信号

16…垂直CCD

18…水平CCD

2 0 …出力アンプ
1 0 2 …S i 基板
1 0 4 …フォトダイオード部
1 0 6 …電荷転送部
1 0 8 …ゲート電極
1 1 0 …遮光メタル膜
1 1 2 …MOS ゲート絶縁膜
1 1 4 …層間絶縁膜
1 1 6 …絶縁膜
1 1 8 …平坦化膜
1 2 0 …カラーフィルタ
1 2 2 …上部レンズ
1 3 0 …レンズ
1 3 2 …中央レンズ
1 3 4 …環状レンズ
1 4 0 …レジスト
1 5 2 …S i 基板から上部レンズまでの距離
1 6 2、1 6 4、1 6 6 …光
2 1 8、2 3 4、2 3 8 …平坦化膜
2 3 2 …中央レンズ
2 3 3、2 3 4 …平坦化膜
2 3 6 …環状レンズ
2 4 0 …環状レンズ
2 4 4 …レジストパターン
2 4 6 …レンズ材料
3 0 6、4 0 6 …電荷電圧変換部
3 0 8、4 0 8 …ゲート電極
3 3 2 a、3 3 2 b、4 3 2 a、4 3 2 b、4 3 2 c …中央レンズ
3 3 4 a、3 3 4 b、4 3 4 a、4 3 4 b、4 3 4 c …平坦化膜

3 3 6 a、3 3 6 b、4 3 6 a、4 3 6 b、4 3 6 c…環状レンズ

3 4 0、4 4 0…プラグ

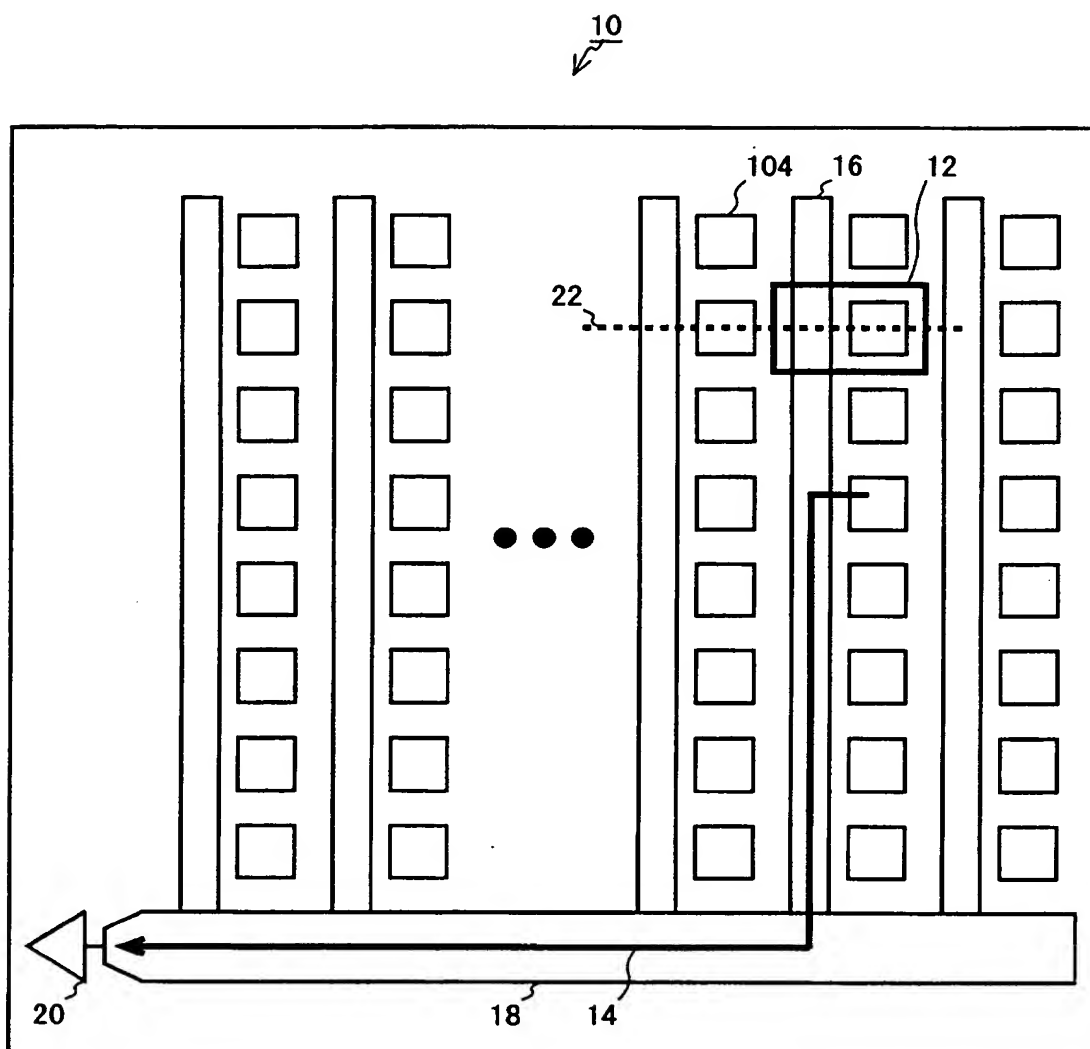
3 4 2、4 4 2…アルミ配線

3 5 0、4 5 0…絶縁膜

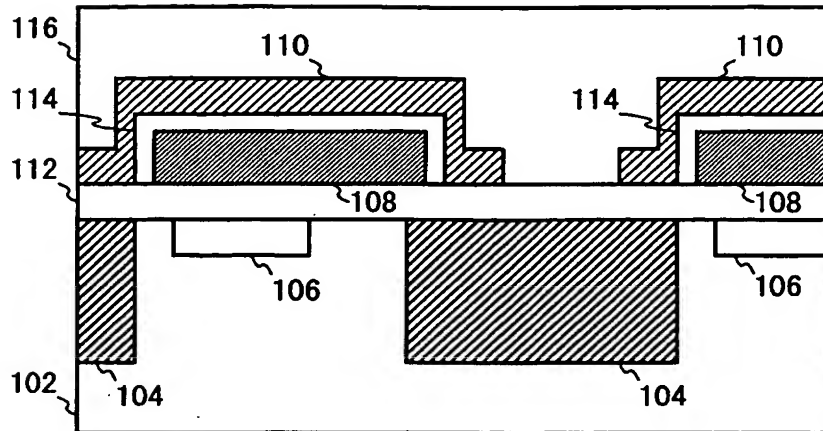
3 5 2、4 5 2…平坦化膜

【書類名】 図面

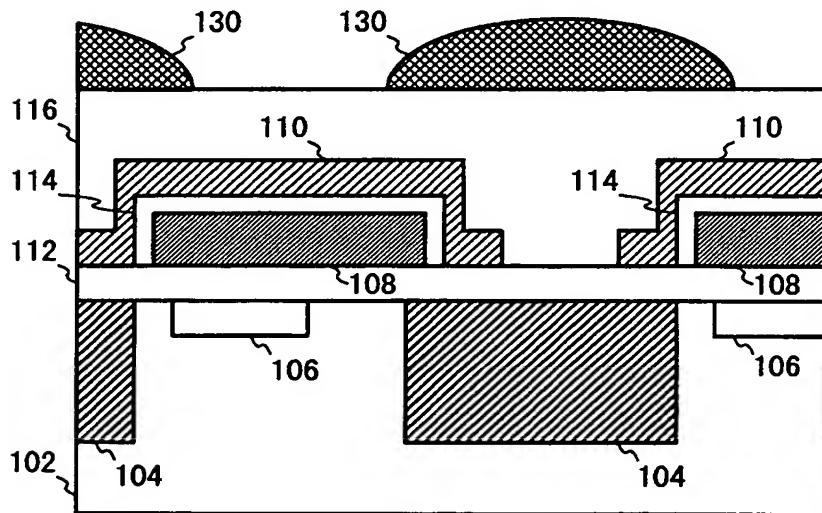
【図 1】



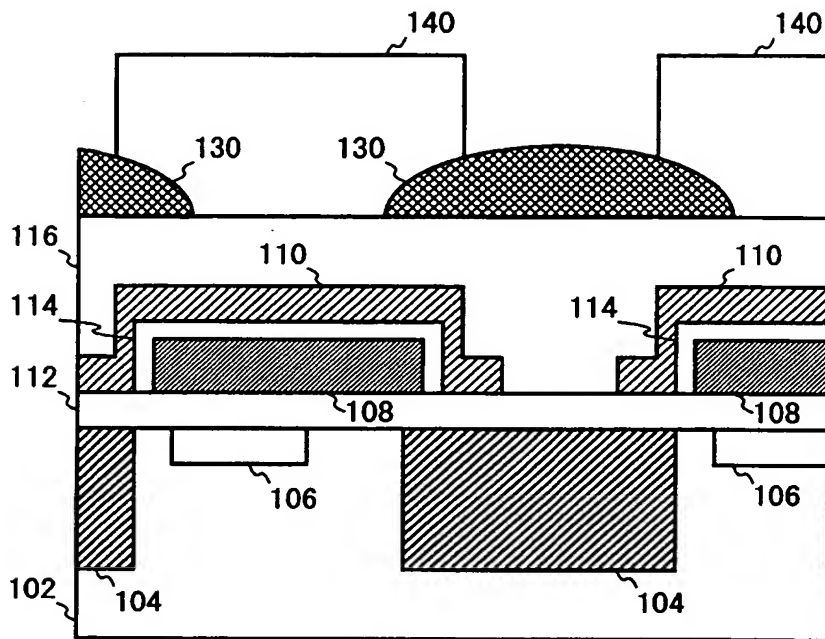
【図 4】



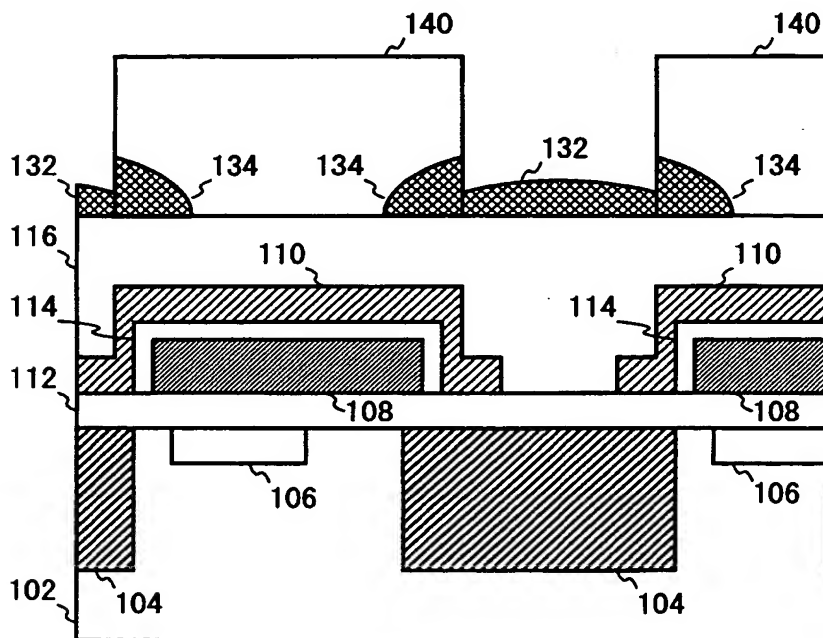
【図 5】



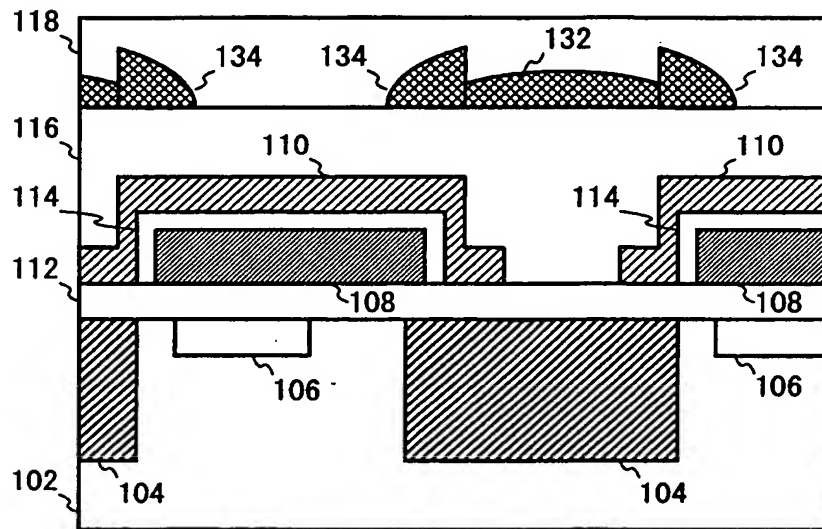
【図 6】



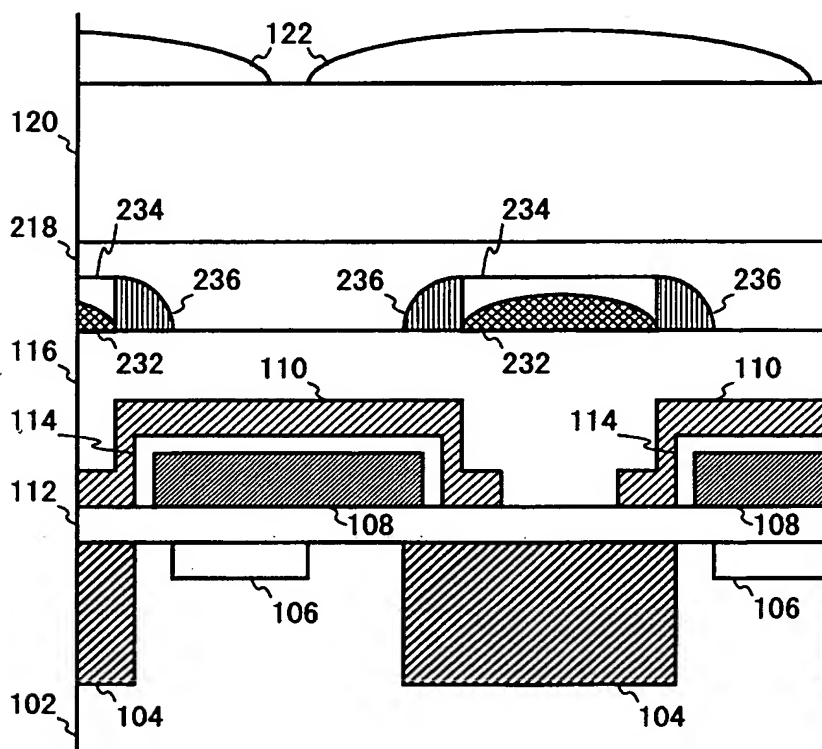
【図 7】



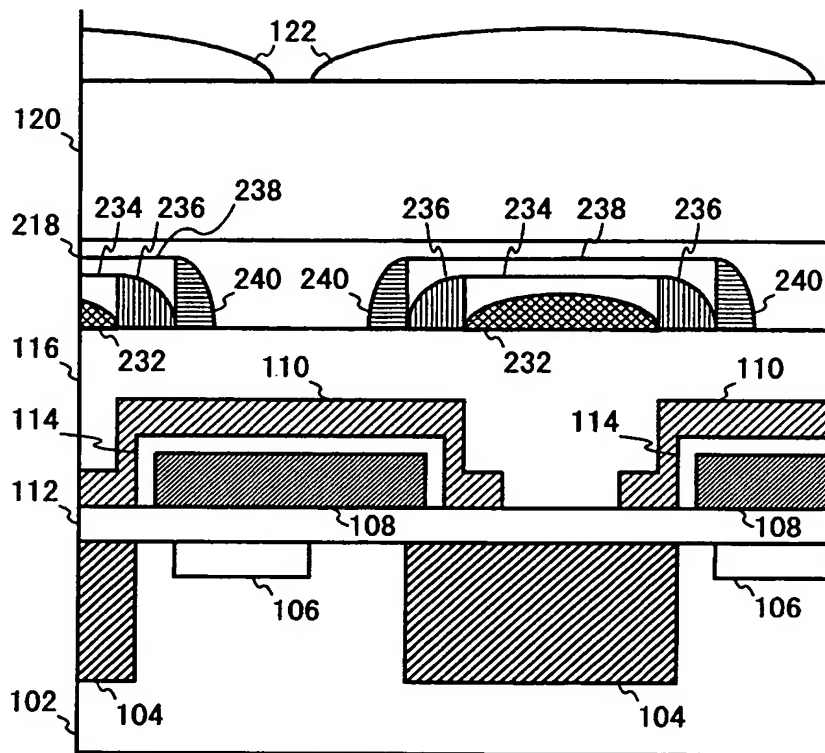
【図 8】



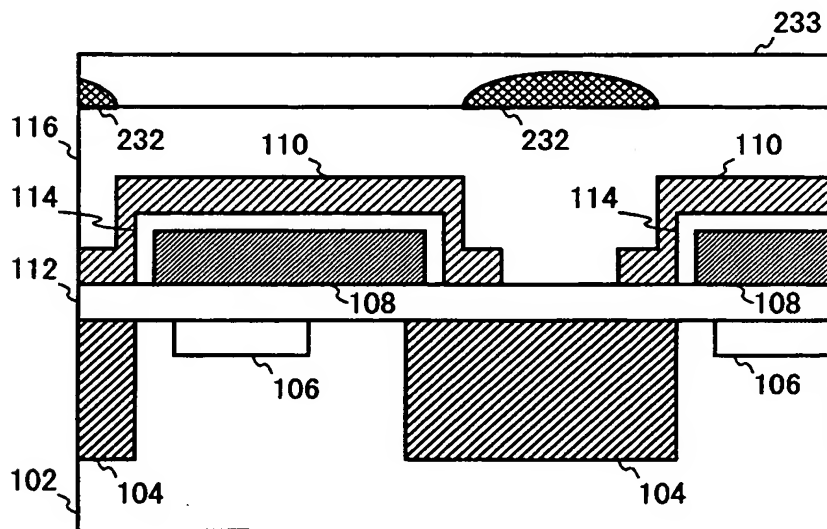
【図 9】



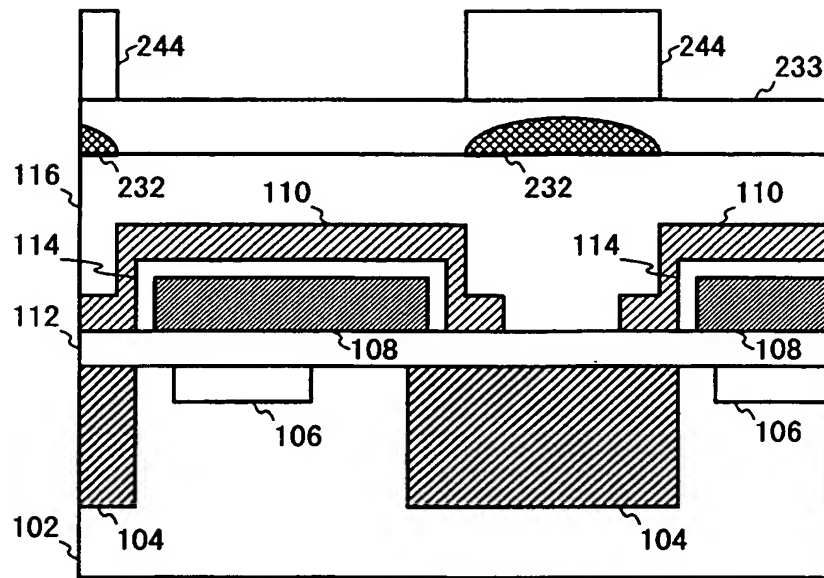
【図 10】



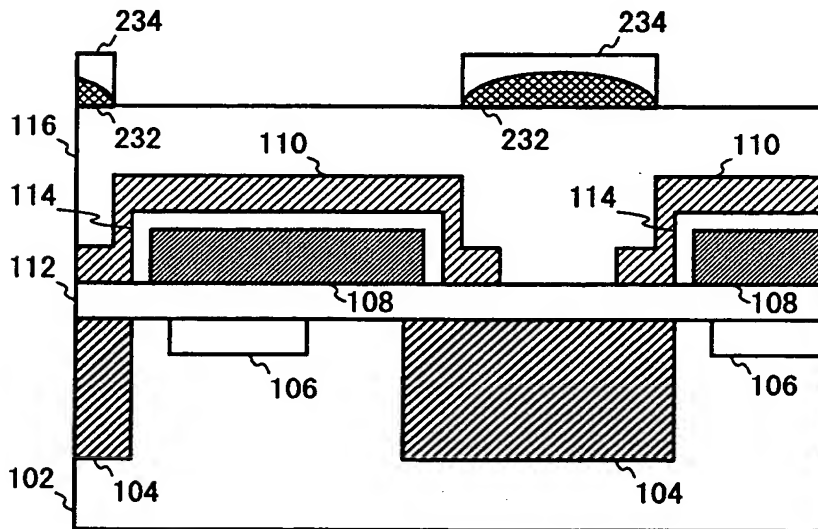
【図 11】



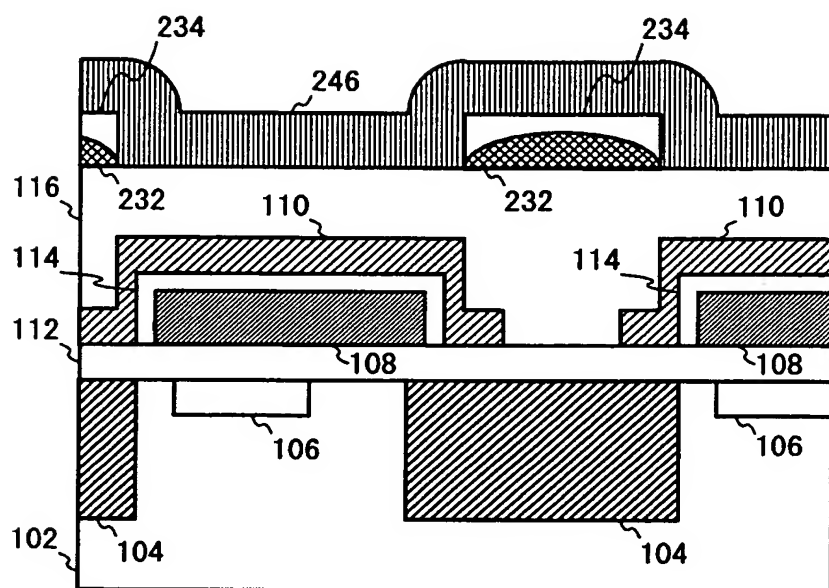
【図 12】



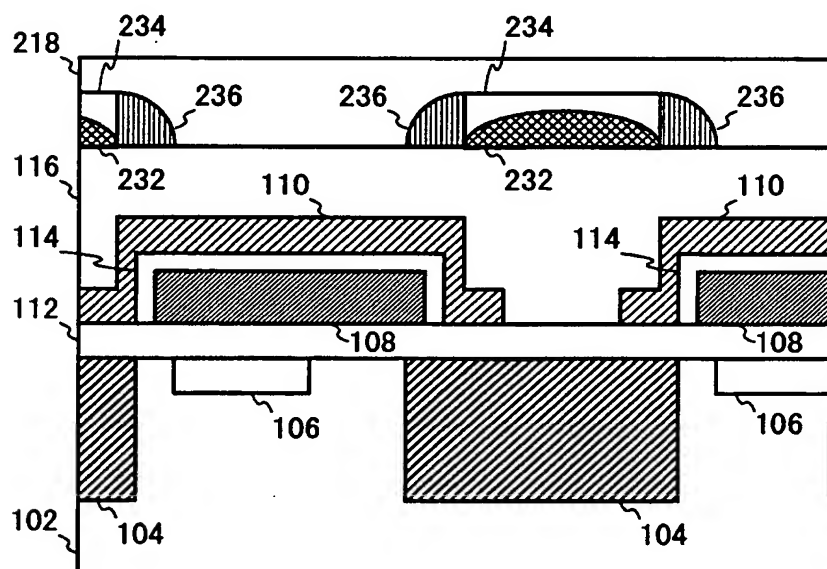
【図 13】



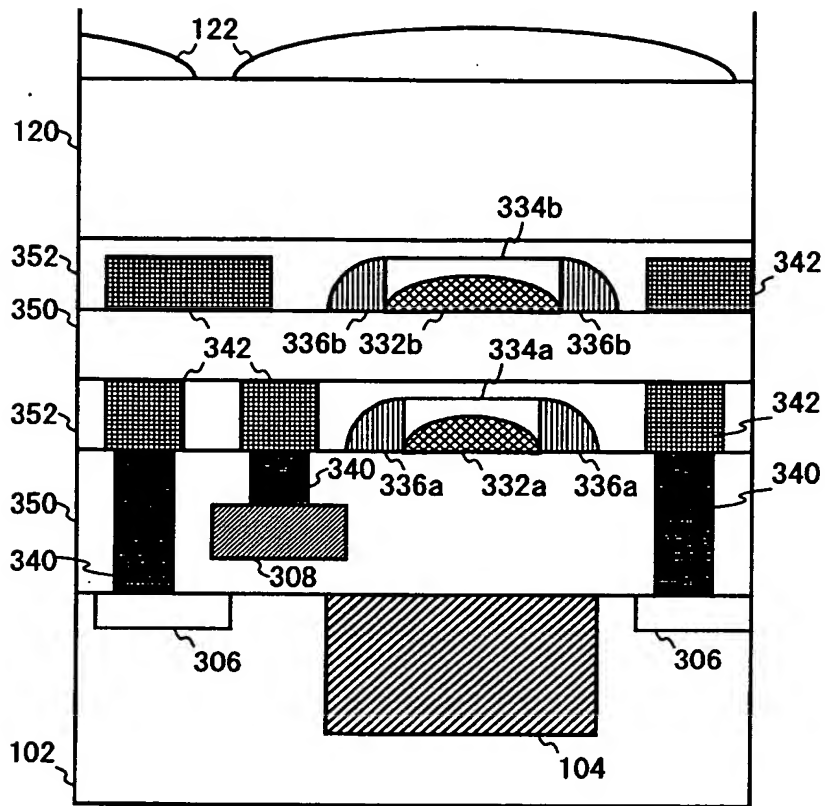
【図 14】



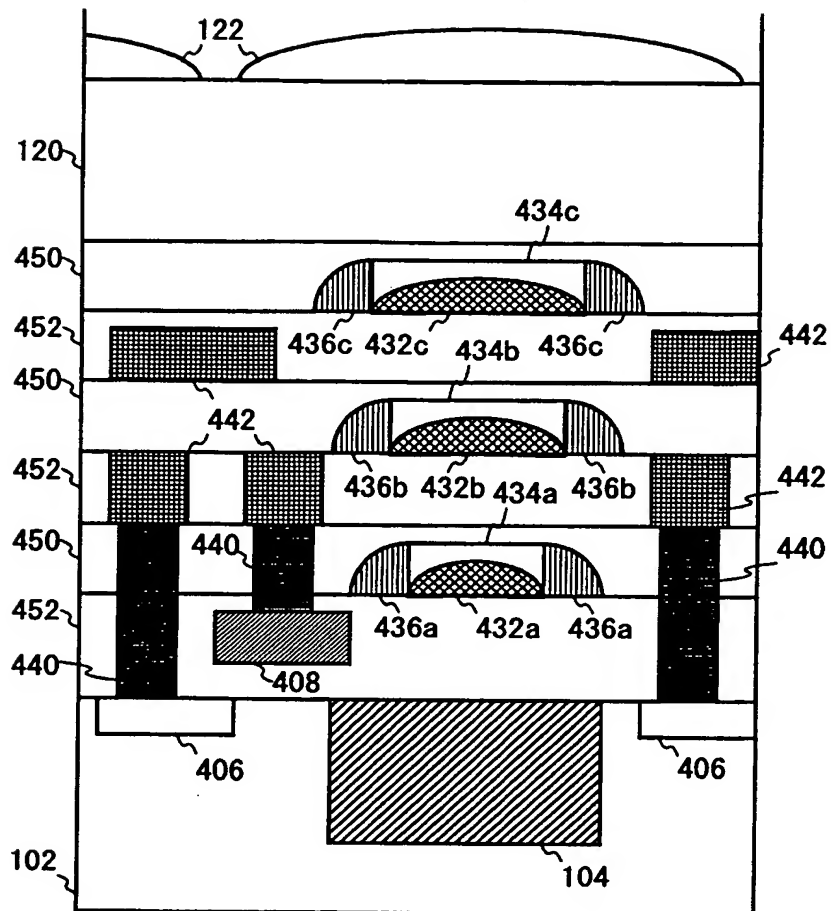
【図 15】



【図 16】



【図 17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 曲率の大きな層内レンズを含む固体撮像装置であっても、フォトダイオード部が受ける光の量を増加させ、かつ混色を低減できる固体撮像装置、および固体撮像装置の製造方法を提供する。

【解決手段】 カラーフィルタ 1 2 0 と光電変換部との間に配置される層内レンズを、中央レンズ 1 3 2 および環状レンズ 1 3 4 とを備えるフレネルレンズ構造にすることにより、層内レンズの厚さを薄くし、カラーフィルタを薄膜化することなく上部レンズの位置を低くしている。

【選択図】 図 2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-173946
受付番号	50301019866
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成15年 6月19日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成15年 6月18日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 3 - 1 7 3 9 4 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名 松下電器産業株式会社